

地震被害0プロジェクト、スタート

国難級、南海トラフ地震を救えるのは先人の知恵とテクノロジーの融合「ねこ土台型免震」(ねこ免震)と「IOT 防災クラウドセンシングシステム」

はじめに

今こそ「地震倒壊0プロジェクト」スタート

政府は、本年度末に「南海トラフ地震費被害予測修正」死者 29.8 万人、建物全壊 235 万棟を発表、「国難級災害」と位置づけ、中央防災会議は、7月1日、10年以内に、建物全壊数を1/2、死亡者を80%減らすと発表しました。

地震被害が人口の半分に及び、国家予算の3年分の被害とあって、政府は本格的に減災害対策に乗り出すことになりました。

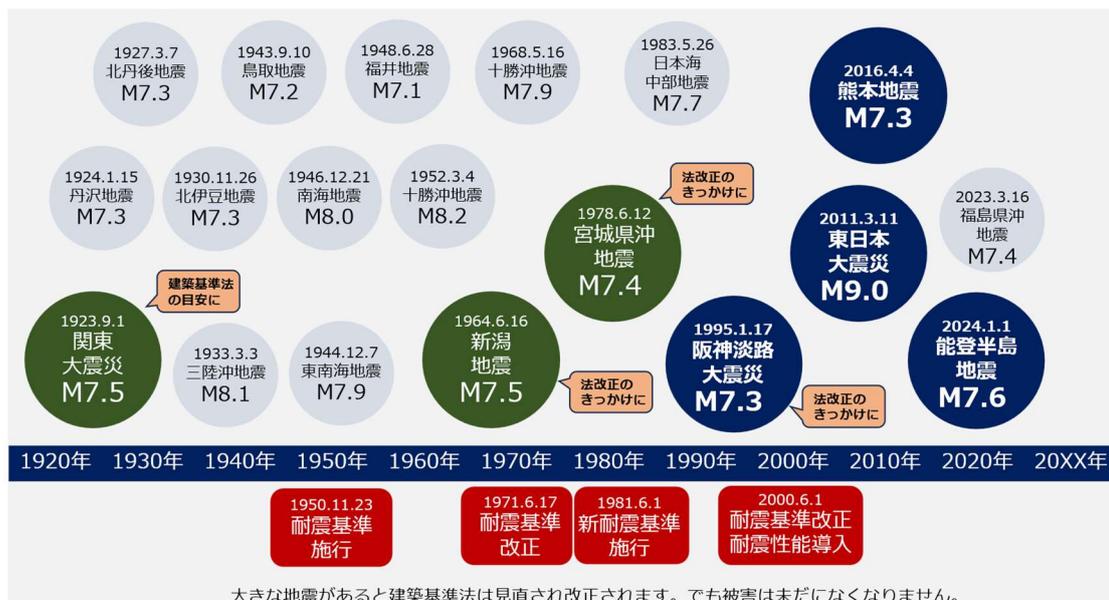
SMRCは阪神淡路大地震の直後から地震被害0に取り組んでいましたが、政府の本腰対策を機会に関係者のプロジェクト参加を呼び掛けることとしました。

「地震倒壊0プロジェクト」ポイントは

- ①ローコストで確実な免震技術(新築、リフォーム)、
- ②IoTを利用し損壊程度の速やかな把握(避難、保証、復興)
- ③耐久設計、基礎設計、メンテナンス性能などの正しい設計法の普及
- ④保証、共済制度の確立
- ⑤脱炭素、1000年耐久インフラの整備(SMRC開発)

日本は地震の多い国、南海トラフ地震、関東大震災など 国難級地震は100~150年毎に繰り返されている。

大型地震の頻度や規模がひと目でわかるよう、関東大震災以降のマグニチュード7以上の地震を年表にしました。また、建築基準法における地震に対する国策も併記します。※大きな円は特に被害の大きかった地震です。



1, 免震を超える、ローコスト免震技術「ねこ土台型免震」の誕生

そもそも「日本は地震の多い国」ですが、1 万年以上昔の縄文時代には既に木造住宅が作られており、今でも 1000 年以上前の木造建造物は多く現存しています。

当時の匠は木の強度的限界を知り、力を逃がす木組みを考えました。

大きな地震ほど礎石に固定しない方が被害の少ないことも知っていました。

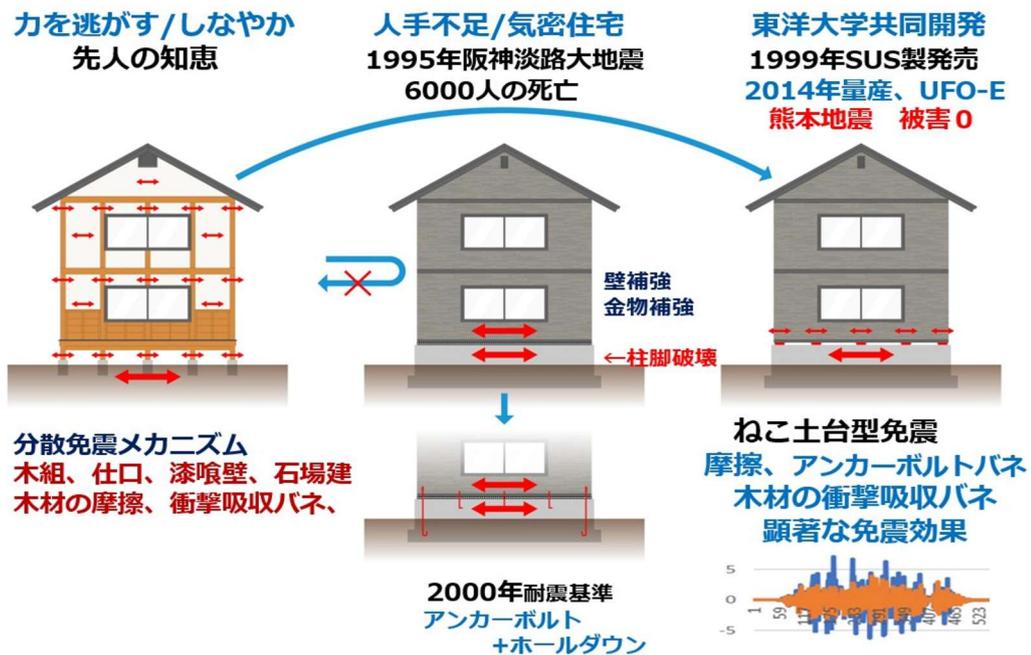
それらは石場建として残っています。

新耐震基準のきつてとなった宮城沖地震でも RC の被害に比べて軽い木造住宅の被害は差ほどなく、新耐震基準の重点は RC 構造に集中しました。

しかしながら、職人不足、気密住宅の影響が徐々に進み耐震壁住宅に様変わりし、1995 年の阪神淡路大地震では、67,421 棟の木造全壊、6,434 人が死亡の大惨事となり、2000 年には、アンカーボルト、ホールダウン金物を中心に補強された新耐震基準が制定されました。

同時に、耐震強度を超える地震には免震構造の有効性が確認され、当時、30 社以上のハウスメーカーがビル型住宅免震を販売していました。

先人の知恵とテクノロジーの融合「力を逃がす科学」 阪神淡路大地震の反省から「ねこ免震」は生まれた



SMRC は、1999 年、ローコストをテーマに、先人の知恵、力を分散して逃がすステンレス製ねこ土台型免震装置「ゲンシンパッキン」を発売しました。

課題はコストで、免震住宅の半分以下とは言え 150 万円/戸、腐朽には至りませんでした。

2000 年に発表された耐震基準と同時に、監理不足をカバーするための民間審査機関の発足、設計の未熟さ、品質を管理する品確法等の追加法が整備されました。

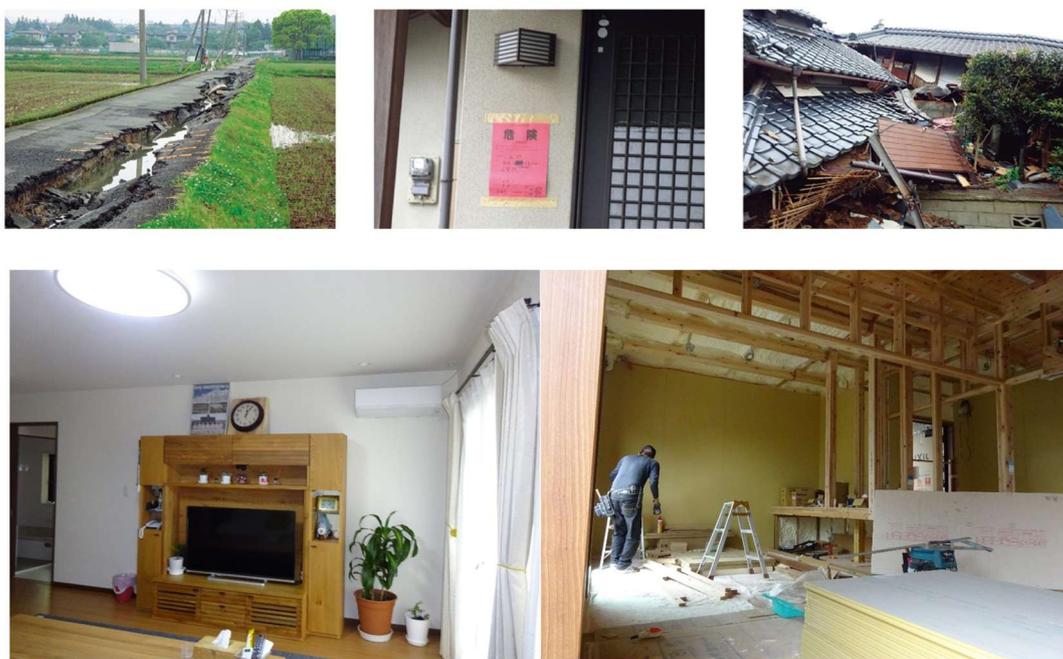
同年、建築学会から発表された震度7における木造建物全壊確率は28%、品確法の耐震等級3においても3.5%の全壊がシミュレーションされており、耐震設計の限界は理論上致し方が無いもので、全壊を0にするにはエネルギー吸収力が絶大な、免震構造しか考えられないのでした。

しかしながら、30社以上のハウスメーカーが販売していた免震住宅はコスト高が原因で普及しませんでした、

そんな中、SMRCは量産化によるコスト削減に成功。亜鉛合金ダイカスト製ねこ土台型免震装置「ゲンシンパッキン」UFO-Eを販売。時を同じくして、

2014年3月、南海トラフ地震被害予測が発表され、最悪、死者数約32万人、建物消失約240万棟、経済被害約220兆円と正に国難級被害予測でした。

2014年5月、イシンホームからゲンシンパッキンUFO-E標準仕様が決まり徐々に全国に普及し始めました。



2016年4月に発生した熊本地震の最大地震加速度は、耐震基準の8倍の加速度1.6gの地震で、震源地益城町の悉皆調査では、2000年耐震基準新築建物の40%が損壊した被害でしたが、SMRC製のねこ土台型免震住宅30棟は0被害、これらの住宅では1Fのカップボードは被害無、現場の被害もなく工事は既に再開していました。

ねこ土台型免震装置の免震効果が実証された瞬間でもあります。

2、ねこ土台免震の進化

改善こそはイノベーション、進化させるためには理論構築が大切、熊本地震被害0の検証には、東洋大学工業技術研究所の香取教授を中心に調査チームを結成、TOKYO MX (9ch) カメラが同行取材 (HP から確認できます)、引き続き技術検証の為の実験が再開されました。

ねこ土台型免震装置を普及材にするには、解決しなければならない課題が多くありました。

- (1) メンテナンス性を良くするためにアンカーボルトの貫通を止める検討が必要です。
- (2) 脱炭素とコストを配慮して新素材の検討が必要です。
- (3) 普及始めた座彫りナットの採用の為の検証が必要です。
- (4) 普及の為には、理論構築と学会の支援が必要です。
- (5) 使用可能な住宅の免震リフォームが出来なければ、地震被害0にはならないのです。

振動実験を中心に実験回数は200回以上にのぼり、問題点はことごとく改善できました。



ねこ免震の進化⇔200回を超える検証実験

- 1, メンテナンス性を良くするため、アンカーボルト貫通の取りやめ、柱下設置の検証
- 2, 脱炭素とコストを配慮して新素材の検証
- 3, 普及始めた座彫りナットの採用の為の検証
- 4, 普及の為の理論構築、免震効果の数値化
- 5, リフォーム兼用、免震パッキンの開発

変わらない免震効果/エネルギー保存の法則

最も多い5Hz前後で削孔壁に衝突しない場合

①摩擦+アンカーボルトパネ (2kN/本) + 絶縁消滅 (地盤の減衰振動)

速度が遅く削孔壁に衝突する場合

②摩擦+アンカーボルトパネ (2kN/本) + 木材パネ (10kN~20kN/箇所) + 絶縁消滅 (地盤の減衰振動)

②



- (1) 建物荷重の約80%は柱を伝って地盤に流れるため、柱の軸力に応じて設置数を決めるのは合理的であり、アンカーボルトの貫通を止めることで多くのメリットが出ます。イ、取替が簡単、今まで加下げ費用に2~3百万円掛かっていた費用が節約でします。ロ、通気量が多くなります。ハ、アンカーボルト部分に反力が集中して起こるせん断破壊の危険が無くなります。

ニ、自動計算エクセルテンプレートの提供で、施主、設計者、施行者にデータの共有が出来、DX時代にマッチしています。

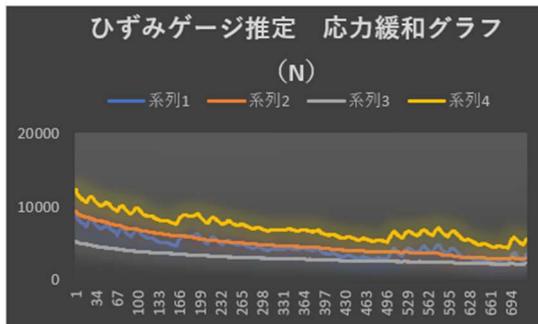
(2) 旭化成(株)の開発素材、変性PPEの提供を受け、金属代替品エンジニアプラスチック(エンブラ)摩擦アイソレーターの製造に成功しました。

難点とされていた、摩擦持続性を解決した画期的商品、エンブラ UFO-E の誕生です。

これにより、CO2は1/10に削減、軽量化とさらなるコスト削減に成功しました。

(3) ねこ免震普及のポイントは、建築基準法施行令42条2の土台と基礎の緊結条項と、普及しつつあった根太レス、座彫りナットで免震効果が発揮できるかにありました。

イ、2015年、東京都産業技術研究センターの研究報告で、M12アンカーボルトの孔のφ30は問題ないことが発表され、共同研究の東洋大学の緊結実験においても、金属と木材の許容応力度差が20倍以上もあるので、木材の強度まで軸力が下がる、応力緩和(緩み)が確認されており、現行の公的な仕様書等でも緊結条件とされる、締め付けトルク、クリアランスなどの緊結に関する規定はありません。



東洋大学工業技術研究所ではこの応力緩和を裏付ける実験をしているが、平均最大軸力(短期軸力)8.9kNは約1/3の2.8kNまで緩和されており、残存軸力による摩擦抵抗は無視して良いことが分かる。

東京都立産業技術研究センター研究報告、第10号、2015年

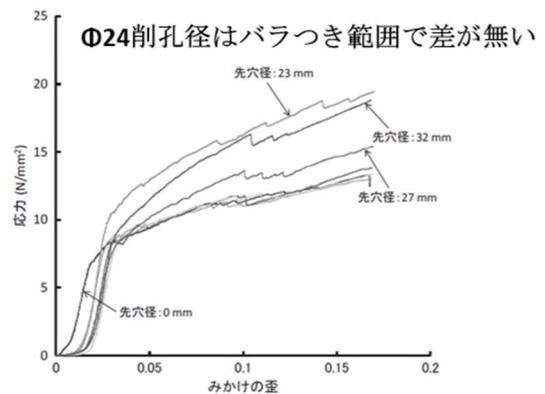


図3. 応力-みかけの歪曲線

(4) 理論構築には、物理現象、構造計算の原理になっているエネルギー保存の法則を使う。

イ、免震原理、慣性力の検証。質量(m)のある物体が、摩擦抵抗を地震力が超えると滑る現象が免震

$$\text{地震力 } F_e = m \alpha \text{ (加速度)} \quad \text{摩擦抵抗 } F_f = m \mu \text{ (摩擦係数)}$$

①大型地震の周波数は5Hz前後と高速の為変位は小さい為に変位が拘束されない場合の免震のエネルギーの消失(入力損失)の計算

$F_e = m \mu + \text{バネ (アンカーボルト曲げ応力)} + \text{絶縁効果 (残りのエネルギーは地盤の減衰振動で消滅する)}$

②変位が大きく衝突により変位拘束された場合の免震のエネルギーの消失（入力損失）の計算

$F_e = m\mu + \text{バネ}$ （アンカーボルト曲げ応力+木材の衝撃吸収荷重その他）+絶縁効果
 （残りのエネルギーは地盤の減衰振動で消滅する）

ねこ免震の場合の入力損失はアイソレーターその他の摩擦抵抗が $m \times 0.3$ （300gal 免震）

50 t の小住宅なら 150 k N の入力損失

アンカーボルトの曲げ応力は、2 k N / 本で 100 本 \times 2 k N = 200 k N

木材の衝撃吸収は 10 k N / 箇所以上で 100 箇所 \times 10 k N = 1000 k N

ほぼ、推定される地震では、土台下だけでエネルギーは消費され、躯体まではエネルギーを伝えない計算になる。

木造の木組み内、仕口内で起こる、衝撃吸収許容応力度は短期許容応力度より多いとされているが、安全側の短期荷重で検討します。

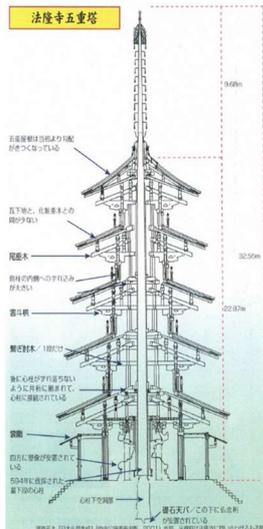
Z規格M12の剪断力は 21.2 k N / 本ですが、基礎及び木材の強度を考慮して 10~20 k N とされていますが、10 k N 程度の衝撃吸収荷重があればほとんどの地震エネルギーは吸収されて木材の破壊には至りません。

5重の塔を初め、1000年越えの木造建物は数多く残っている理由でもあり、南海トラフ地震を数回は受けていますが倒壊していません。

これらは大型地震に多い卓越周期 5 Hz、2~3 g の大型地震も受けたはず。東北大地震より加速度の大きかった能登半島志賀町同じ加速度と振動周期でねこ免震仕様の時刻歴応答実験結果では 0.3 g（震度 5 強）まで免震していることが確認できます。

100~200年毎の大地震で1300年もった木造

ねこ免震の被害0は何故



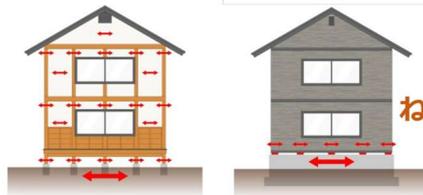
(1) 木組・仕口の小さな免震
 小さな木材の摩擦
 木材のバネ（緩衝材）

(2) 石場建
 熊本地震、能登半島地震で
 しっかりした石場建が無被害

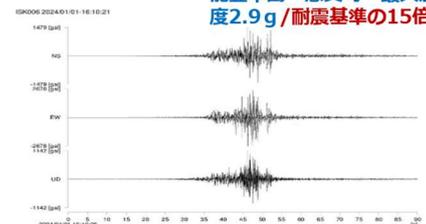
大きな地震の震源は地盤が強く
 短周期の5Hz前後
 千年前と近年（能登半島地震で検証）

先人の知恵とテクノロジーの融合
 摩擦、木造衝撃吸収、金属バネ
 UPO-E-EPA(A荷重)
 応力-ひずみ線図

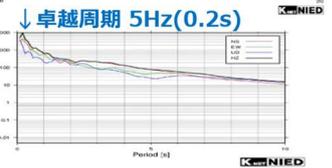
←五重塔
 分散免震
 ↓民家



K-NET 富永 (1SK006) 観測点の強震動波形
 最大加速度 2.828gal (三成分合成値) $\times 10^{-2}$



能登半島・志賀町 最大加速度
 2.9g / 耐震基準の15倍



↓卓越周期 5Hz(0.2s)

ねこ免震
 ↓2.9g, 5Hz(0.2s)
 免震
 ←0.3g
 震度 5 強

・K-NET・KJ-net 観測点の中で最大加速度 (2828gal)・三成分合成値) を記録した K-NET 富永 (1SK006) 観測点の速度・加速度応答スペクトル。

(5) 普及型ねこ免震と、大量に現存する耐震基準前の免震化が可能な「ねこ免震リフォーム」の普及が、地震被害0プロジェクトの要になります。

イ、土台を外さずに庫土台型免震装置を装着するには、厚みの少くする必要があり、木材とエンブラの摩擦アイソレーターの開発が必要です。

幸いに、木材とエンブラは凝着の恐れが無いので、自動車部品として実績があり、強度耐久性が高く吸湿放湿機能を持つ旭化成製ポリアミド66という優れた素材の提供を受け解決しました。

リフォーム作業を容易にする付属部品も次々開発し攻め手が出揃いました。

ねこ免震リフォーム

免震効果はそのまま
専用のクサビでリフォームに対応

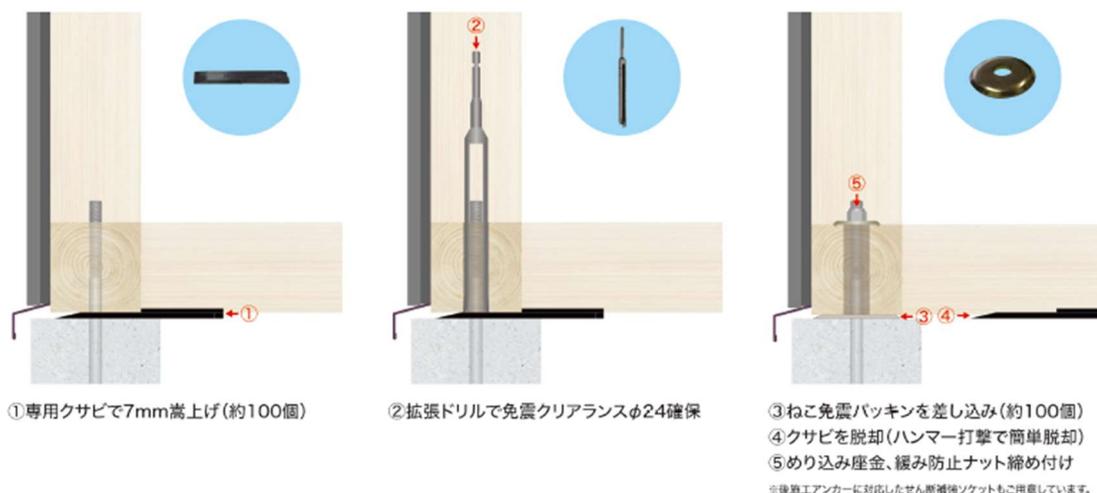


ねこ免震パッキンの免震効果はそのままに、専用クサビによりリフォームに対応。

大掛かりな装置での土台の嵩上げも不要です！

数十年前に普及していた工法や、最新の基礎パッキンロングまで、施工が可能で免震効果を発揮します。

ねこ免震リフォームの施工手順 アンカーボルトに貫通させないので、施工・メンテナンスが簡単。



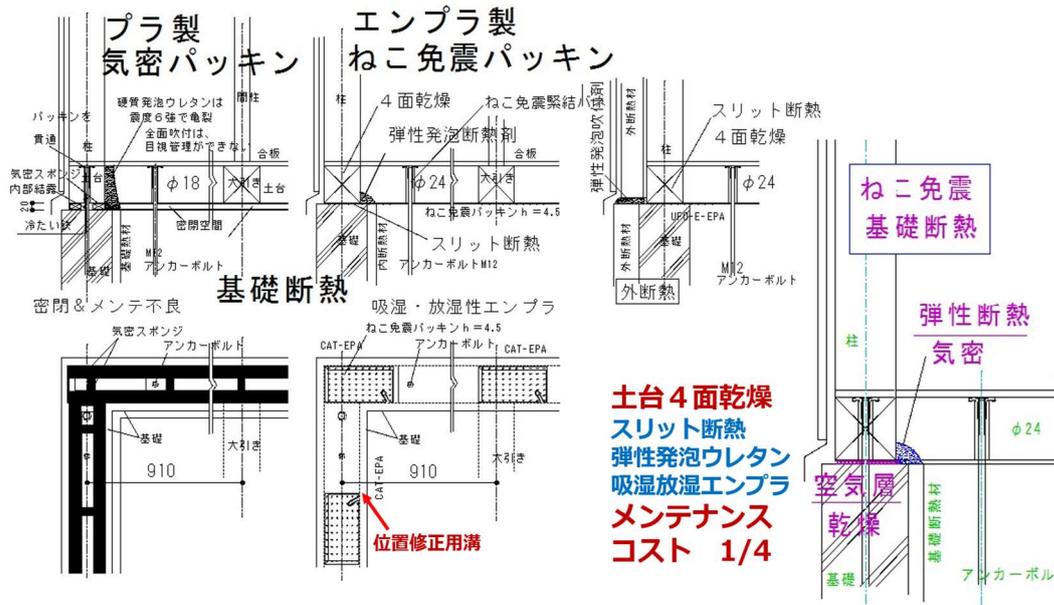
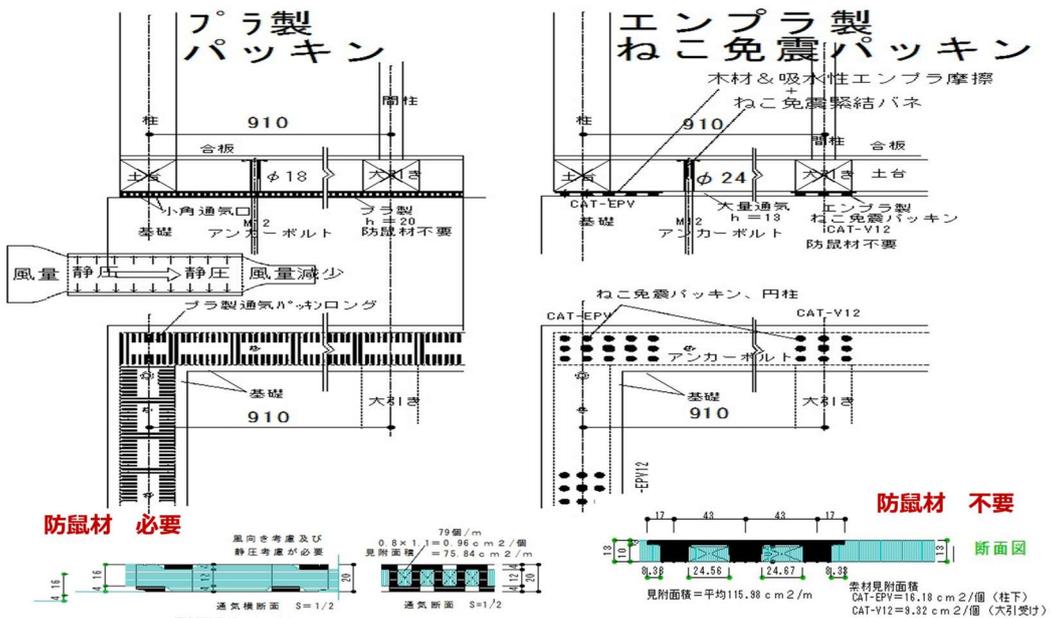
3、IoT を利用し損壊程度の速やかな把握（避難、保証、復興）

地震国でありながら、復興の遅さには驚く。国難級とされる南海トラフ地震が発生したら保証対象の住宅は1000万戸を超えるだろう。

ここは、IoT 専門のインフラセンシングシステム研究の東京工科大の天野准教授と木造住宅応答解析研究の京都大学中川准教授との共同研究で進めていましたが、南海トラフ地震地震被害0のアイテムとして必至と考え設計を急ぐこととしました。

機能は次の通り

- (1) 倒壊の危険を知らせる、避難警報
- (2) 持続居住の可能性判断、保険支払いの判断
- (3) 学術的貢献(変形、速度データから時刻歴応答加速度が計算できる)

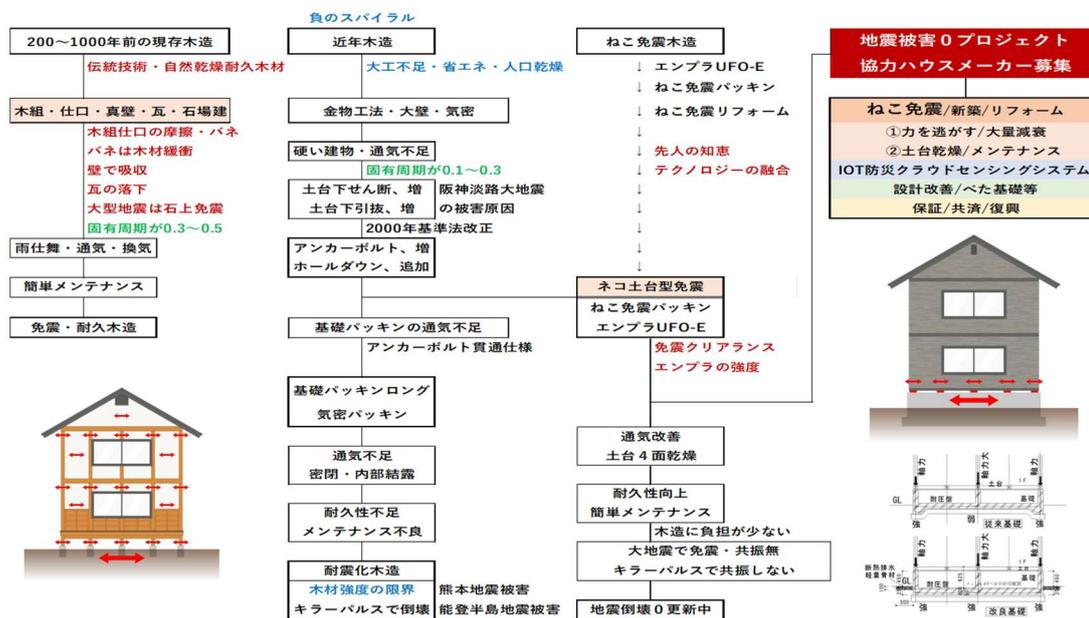


設計者の配慮で解決できる基礎廻りの改善提案です。

- (1) 盛土型べた基礎の不動沈下をフラット耐圧盤で解決する
- (2) 床下根太レスのメンテナンス性の悪さは従来の根太組で解決する。

おわりに

木造住宅の設計概念の変化と地震被害0に至るフローチャートです。



先人の知恵と近代テクノロジーの融合で国難級とされる南海トラフ地震、地震被害0は可能です。

しかしながら、実効性を上げる為には、官民協力がひつようで、特に、この国難を起爆剤として、地震被害0プロジェクトに取り組み、内需拡大につながり、国内の住宅不況を払拭できると考えています。

SMRC 株式会社はそもそも、構造物の耐震、耐久を研究・開発・製品化する会社で、社名もメッシュ殻恒久コンクリート構造からとっており、被災後の復興のかなめとなる、脱炭素、高速施工、ローコスト、1000年耐久インフラを提案中です。

積算資料 2024年2月号に寄稿していますので、ご参照頂ければ幸いです。